



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE POS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
CAMPUS II – AREIA – PB**

**ADIÇÃO DE MISTURAS ENZIMÁTICAS EM RAÇÕES COM RESTRIÇÃO
NUTRICIONAL PARA FRANGOS DE CORTE**

JOÃO PEDRO SABINO DE SOUZA SILVA
Zootecnista

AREIA – PB
OUTUBRO DE 2016

JOÃO PEDRO SABINO DE SOUZA SILVA

**ADIÇÃO DE MISTURAS ENZIMÁTICAS EM RAÇÕES COM RESTRIÇÃO
NUTRICIONAL PARA FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós Graduação em
Zootecnia, da Universidade
Federal da Paraíba, como parte das
exigências para obtenção do título
de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção
de não ruminantes

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

Prof. Dr. Leonardo Augusto Fonseca Pascoal

AREIA – PB
OUTUBRO DE 2016

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, campus II, Areia - PB

S586a Silva, João Pedro Sabino de Souza.
Adição de misturas enzimáticas em rações com restrição nutricional para frangos
de corte / João Pedro Sabino de Souza Silva. – Areia - PB: CCA/UFPB, 2016.
x, 51 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Bibliografia.
Orientador: José Humberto Vilar da Silva.

1. Avicultura – Rações 2. Frangos de corte – Nutrientes 3. Dieta de frangos –
Enzimas I. Silva, José Humberto Vilar da (Orientador) II. Título.

UFPB/BSAR CDU: 636.5(043.3)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE POS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TITULO: “Adição de misturas enzimáticas em rações com restrição nutricional para frangos de corte”.

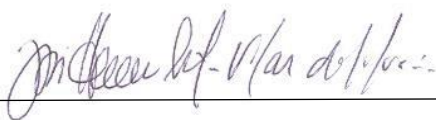
AUTOR: João Pedro Sabino de Souza Silva

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

JULGAMENTO


CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:



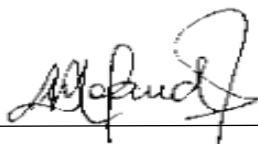
Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva
Presidente

Departamento de Ciência Animal/CCHSA/UFPB/Campus III – Bananeiras-PB



Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador

Departamento de Ciência Animal/CCHSA/UFPB/Campus III – Bananeiras-PB



Prof. Dr. Marco Aurélio Carneiro de Holanda
Examinador

Departamento de Zootecnia/UFRPE/UAST - Serra Talhada-PE

Areia, 17 de outubro de 2016

Dedico

Aos mais especiais de todos, minha família, pai, mãe, irmã, meu cunhado e ao meu sobrinho, por serem minha base, sempre me apoiando e me amando em todos os momentos de minha vida.

"Não há alternativa, é a única opção:
Unir o otimismo da vontade e o pessimismo da razão.
Contra toda expectativa, contra qualquer previsão, há um ponto de partida, há
um ponto de união: sentir com inteligência, pensar com emoção..."

Humberto Gessinger

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, e por nunca ter deixado as dificuldades da vida se tornarem um obstáculo para mim.

A minha família, pai Paulo Sabino, mãe Cleonice Maria, irmã Paula Cristina, meu cunhado José Antônio e ao meu sobrinho Raul que com sua chegada fez renovar a nossa alegria de viver. Agradeço pelo total apoio durante todo o meu curso de pós graduação, e por terem sido o meu alicerce durante toda minha caminhada.

A Universidade Federal da Paraíba em nome do programa de Pós Graduação em Zootecnia pela oportunidade de fazer parte de sua família, como discente de pós graduação.

A todo corpo docente do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da UFPB pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Fernando Guilherme Perazzo Costa e Leonardo Fonseca Pascoal, membros do meu comitê de orientação, pelas imprescindíveis contribuições.

Ao professor Paulo Sérgio de Azevedo pela total disponibilidade e confiança para realização das análises de resistência óssea.

Ao professor José Jordão Filho pelo modo generoso como me recebeu sem ao menos me conhecer, pelo desprendimento em ajudar, pela transmissão de conhecimento e pelo carinho.

Ao professor Dr. José Humberto Vilar da Silva pelo profissionalismo, seriedade e competência, pelo incentivo e total disponibilidade na orientação.

A empresa DSM Produtos Nutricionais pela concessão das enzimas imprescindíveis à realização dos ensaios experimentais.

Aos meus amigos do NEPAVES, que me ajudaram neste último ano, numa troca de aprendizados, fazendo diferença na minha formação como profissional e no meu amadurecimento pessoal. Aliton Nunes, Lucas Notaro,

Flávio, Leandro “Padre”, Janinha e Mário César, e a todos os estagiários que me auxiliaram na condução do experimento, esta realização seria impossível sem vocês.

Agradeço especialmente aos meus amigos “Maria Silvana” e Thiago Melo, que foram muito importantes durante esse último ano de mestrado, sempre dispostos a ajudar nos experimentos, pelos conselhos e críticas nas horas necessárias, pela amizade e confiança.

Aos funcionários Fabiano, Seu Nivaldo e seu Santino, que compartilharam conosco seu inestimável tempo sempre com conversas engraçadas em meio as turbulências dos momentos difíceis.

Por alguém muito especial, que Deus deu a oportunidade de ter comigo nesta caminhada, participando sempre e ponderando conscientemente em todos os momentos, muito obrigado à minha querida namorada Claudiana Souza.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para minha formação e realização deste trabalho, e que não estão aqui citados com o mesmo reconhecimento.

MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO GERAL

SILVA, J. P. S. S. Adição de misturas enzimáticas em rações com restrição nutricional para frangos de corte. 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Dois experimentos foram realizados com o objetivo de avaliar a adição de enzimas em rações com restrição nutricional para frangos de corte de 8 a 21 e de 33 a 47 dias de idade. De 8 a 21 dias foram utilizados 900 pintos de corte e de 33 a 47 dias 300 frangos, ambos os grupos, machos da linhagem Cobb-500 SF, foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Na fase de 8 a 21 dias os tratamentos consistiram de: **1. Controle positivo (CP)**; **2. Controle Negativo (CN)** com redução de 2,5% de PB, Met+Cys, Lys, Thr, EM, Ca e Pd; **3. CN + Mistura Enzimática 1 (ME₁)**: 200 g/ton de protease ou 15.000 PROT/kg + 133 g/ton de amilase ou 80 KNU/kg + 100 g/ton de fitase - 1.000 FYT/kg; **4. CN + ME₂** (200g/ton de protease ou 15.000 PROT/kg + 133 g/ton de amilase ou 80 KNU/kg + 250 g/ton de fitase ou 2.500 FYT/kg); **5. CN + ME₃** (semelhante a ME₁ + 50g/ton xilanase ou 100 FXU/kg); e **6. CN + ME₄** (semelhante a ME₂ + 50g/ton xilanase ou 100 FXU/kg), cada tratamento continha dez repetições de 15 aves. Na fase de 33 a 47 dias os tratamentos avaliados foram: **1. CP**; **2. CN₁** (redução de 1,5% em PB, Met+Cys, Lys, Thr, Pd e EM); **3. CN₂** (redução de 3,0% em PB, Met+Cys, Lys, Thr, Pd e EM); **4. CN₁+ME₄**; e **5. CN₂+ME₄**, cada tratamento continha quatro repetições de 15 aves. De 8 a 21 dias o desempenho das aves recebendo as rações CN suplementadas com ME₁, ME₂, ME₃ e ME₄ foram semelhante aquele das aves da ração CP, enquanto, as aves alimentadas com a ração CN tiveram os piores desempenho e resultado econômico. De 33 a 47 dias de idade o ganho de peso e a conversão alimentar das aves do tratamento CN₂+ME₄ foram melhores que aqueles das aves do tratamento CN₂, sem diferir dos resultados das aves da ração CP. O grupo de frangos alimentados com a ração CN₂+ME₄ mostraram melhores rendimentos de coxa e de asa comparado aos frangos alimentados com as outras rações, além de menor percentual de gordura abdominal comparado aos frangos da ração CP, CN₂ e CN₁+ME₄, além de melhor resultado econômico comparado a todas as outras rações. O Índice de Seedor e resistência óssea foram melhores para as tíbias dos grupos de aves alimentados com as rações CN₂+ME₄ e CP. A adição da ME₄ (200g/ton de protease ou

15.000 PROT/kg + 133 g/ton de amilase ou 80 KNU/kg + 250 g/ton de fitase ou 2.500 FYT/kg + 50 g/ton de fitase ou 100 FXU/kg) em rações com reduções de 2,5% de proteína, aminoácidos essenciais, energia metabolizável e fósforo disponível na fase de 8 a 21 dias e de 3,0% na fase de 33 a 47 dias, não deprime o desempenho, melhora a qualidade óssea e a viabilidade econômica da criação de frangos comparada as aves alimentadas com níveis nutricionais recomendados.

Palavras-chave: desempenho, enzimas, resistência óssea, utilização de nutrientes

GENERAL ABSTRACT

SILVA, J. P. S. S. Addition of enzymes blend in diets with nutritional restriction for chickens. 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2016.

Two experiments were performed to evaluate the addition of enzymes in diets with nutritional restriction for broilers, 8-21 and 33-47 days of age. From 8 to 21 days were used 900 chicks and 33 to 47 days 300 chickens, both groups, males of Cobb-500 SF, were distributed in a completely randomized design. In 8-21 days, the treatments consisted of: 1. Positive Control (PC); 2. Negative Control (NC) with reductions of 2.5% of CP, Met + Cys, Lys, Thr, AMEn, Ca and Pd; 3. NC + Enzymes Blend 1 (EB₁): 200 g/ton of protease (15.000 PROT/kg) + 133 g/ton amylase (80 KNU/kg) + 100 g/ton of phytase (1,000 FYT/kg); 4. NC + EB₂: 200g/ton protease (15.000 PROT/kg) + 133 g/ton 80 (amylase KNU/kg) + 250 g/ton of phytase (2500 FYT / kg); 5. NC + EB₃: similar to EB₁ + 50g/ton of xylanase (100 FXU/kg); and, 6. NC + EB₄: similar to BE₂ + 50g/ton (100 FXU xylanase/kg), each treatment had ten replicates of 15 birds. In phase 33-47 days, the treatments were: 1. PC; 2. NC₁ (reduction of 1.5% in CP, Met + Cys, Lys, Thr, Pd and AMEn); 3. NC₂ (3.0% reduction in CP, Met + Cys, Lys, Thr, Pd and AMEn); 4. NC₁ + EB₄; and 5. NC₂ + BE₄, each treatment had four replicates of 15 birds. From 8 to 21 days the performance of the birds receiving NC diet supplemented with BE₁, BE₂, BE₃ and BE₄ were similar to that birds of PC diet while birds fed the NC diet had the worst performance and economic results. From 33 to 47 days of age, the body weight gain and feed conversion in chicken group fed NC₂ + BE₄ was better than those group of birds fed NC₂ treatment, but there is no difference to chicks fed PC diet. The chickens group fed the NC₂ diet + BE₄ showed better yields thigh and wing compared to broilers fed the other diets, and the lowest percentage of abdominal fat compared to chickens fed PC, NC₂ and NC₁ + BE₄, and better economic results compared to all other diets. The Seedor Index and bone strength were better for the tibias of groups of birds fed the NC₂ + BE₄ and PC diets. The addition of BE₄ (200g/ton protease or 15.000 PROT/kg + 133 g/ton of amylase or 80 KNU/kg + 250 g/ton of phytase or 2500 FYT/kg + 50 g/ton of phytase and 100 FXU/kg) in diets with reduced of 2.5% of protein, essential amino acids, metabolizable energy, calcium and available

phosphorus of 8 to 21 day of age, and 3.0% of 33 to 47 days of age, does not depress the performance, improves bone quality and economic feasibility of chickens compared the birds fed recommended nutritional levels.

Keywords: performance, enzymes, bone strength, nutrient utilization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de um grão contendo polissacarídeos não amiláceos.....22

Figura 2: Estrutura do ácido fítico.....24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratamentos experimentais da fase inicial (8 a 21 dias de idade)	29
Tabela 2. Composição das Misturas Enzimáticas.....	29
Tabela 3. Composição percentual e valores nutricionais das rações controle positivo (CP) e controle negativo (CN) para frangos de 8 a 21 dias de idade	30
Tabela 4. Tratamentos experimentais da fase de 22 a 47 dias de idade	31
Tabela 5. Composição percentual e valores nutricionais das rações controle positivo (CP) e controle negativo (CN) para frangos de 33 a 42 e 43 a 47 dias de idade.....	32
Tabela 6. Preço dos ingredientes utilizados nas rações experimentais.....	33
Tabela 7. Desempenho de frangos de corte de 8 a 21 dias alimentados com rações sem ou com restrição nutricional suplementadas ou não com misturas de enzimas.....	36
Tabela 8. Viabilidade econômica das dietas de frangos de corte alimentados com rações com ou sem restrição nutricional suplementadas ou não com misturas de enzimas de 8 a 21 dias de idade	38
Tabela 9. Desempenho de frangos de corte alimentados com rações com ou sem restrição nutricional suplementadas ou não com mistura de enzimas de 33 a 42 e 33 a 47 dias de idade	39
Tabela 10. Rendimento de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal de frangos de corte alimentados com rações com ou sem restrição nutricional suplementadas ou não com mistura de enzimas	41
Tabela 11. Parâmetros ósseos de frangos de corte alimentados com rações com ou sem restrição nutricional suplementados ou não com mistura de enzimas.....	42
Tabela 12. Viabilidade econômica das rações de frangos de corte alimentados com ou sem restrição nutricional suplementadas ou não com mistura de enzimas de 33 a 47 dias de idade.....	43

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

%	Porcentagem
®	Marca Registrada
AAES	Aminoácidos essenciais
° C	Graus Celsius
CA	Conversão alimentar
Ca	Cálcio
cm	Centímetro
CMR	Custo médio da ração
CN	Controle Negativo
CP	Controle Positivo
CR ¹	Consumo de ração
CR ²	Custo da ração
CV	Coeficiente de variação
EM	Energia metabolizável
EMA	Energia Metabolizável aparente
FYT	Unidades de Fitase
FXU	Unidades de Xilanase
g	Grama
GP	Ganho de peso
h	Hora
IEP	Índice de eficiência produtiva
IR	Índice de rentabilidade
Kg	Quilograma
Kcal	Quilocaloria
Kgf	Quilograma força
KNU	Unidades de Amilase
LysD	Lisina digestível
MB	Margem bruta
ME	Misturas enzimáticas
MetD	Metionina digestível

Met+CysD	Metionina mais cistina digestível
mg	Miligrama
mm	Milímetros
PB	Proteína bruta
PNA	Polissacarídeos não amiláceos
Pd	Fósforo disponível
RMB	Renda média bruta
SAS	Sas Institute
SNK	Student-Newman-Keuls
ThrD	Treonina digestível
ton	Tonelada

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1. REFERENCIAL TEÓRICO	20
1.1 Obtenção de enzimas exógenas	20
1.2 Importância das carboidrases.....	21
1.3 Amilase e substrato.....	22
1.4 Xilanase	23
1.5 Ácido fítico e fitase.....	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1 Local	28
2.2 Animais e alojamento nas fases pré-experimentais.....	28
2.3 Manejo	28
2.4 Dietas experimentais.....	29
2.4.1 Fase de 8 a 21 dias.....	29
2.4.2 Fase de 33 a 47 dias.....	31
2.5 Variáveis analisadas	32
2.6 Metodologia de abate, dos cortes e das coletas de tíbias.....	34
2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas	34
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
3.1 Desempenho dos frangos de 8 a 21 dias de idade	36
3.2 Viabilidade econômica das rações de frangos de 8 a 21 dias de idade	37
3.3 Desempenho dos frangos de 33 a 47 dias de idade	38
3.4 Rendimento de carcaça e cortes dos frangos	40
3.5 Parâmetros ósseos dos frangos 33 a 47 dias de idade.....	41
3.6 Viabilidade econômica das rações de frangos de 33 a 47 dias de idade	42
4. CONCLUSÃO	44
5. REFERÊNCIAS	45

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura de corte brasileira responde pela maior exportação e segunda maior produção de carne de frangos do mundo superando a china no ano de 2015 com 13,1 milhões de toneladas produzidas. No ano de 2015 a exportação de carne de frangos de 4,3 milhões de toneladas cresceu 4,7% em relação ao ano de 2014 (ABPA, 2016). Este crescimento foi fruto do emprego de tecnologias avançadas para promover a eficiência na produção, a obtenção de produtos de alto valor biológico e menor custo final para o consumidor.

A nutrição de frangos de corte está em constante evolução e o emprego de novos produtos da indústria da biotecnologia como as enzimas vêm garantindo maior crescimento e rentabilidade da avicultura. Segundo Barbosa et al., (2014) as enzimas exógenas proporcionam melhora na digestibilidade dos alimentos e no desempenho, refletindo diretamente na eficiência produtiva das aves. Quando as rações são formuladas com ingredientes considerados de baixa qualidade estes resultados também são bastante efetivos, por diminuir a perda fecal de nutrientes, tornando possível reduzir os níveis nutricionais e melhorar o retorno econômico da produção (TORRES et al., 2003).

Segundo Wyatt & Bedford (1998) existem duas maneiras de adicionar enzimas às rações, a primeira é na forma *over the top*, em que as enzimas são acrescentadas como um adicional sem modificação da matriz nutricional da ração. Esta abordagem atualmente é pouco usual, pois entende-se que há perda econômica visto que as dietas já suprem a exigência do animal. A segunda consiste em reformular as dietas com reduções de nutrientes específicos, e suplementar as rações com enzimas exógenas para de recuperar o valor nutricional da dieta padrão.

Grande parte das informações científicas sobre a utilização de enzimas exógenas está relacionada a redução da viscosidade e eliminação de fatores antinutricionais dos grãos (BAREKATAIN et al., 2013; KACZMAREK et al., 2014; OLUKOSI et al., 2015), no entanto, estudos relacionando a eficiência de enzimas exógenas em dietas constituídas principalmente por milho e farelo de soja comprovam seus efeitos benéficos na recuperação do valor nutricional das dietas com restrição de nutricional, esse efeito benéfico no desempenho e na absorção intestinal (YU & CHUNG, 2004; BARBOSA et al., 2012; ZHU et al., 2014).

Amerah et al. (2016) avaliaram a combinação de amilase, xilanase e protease (200 U/kg, 2000 U/kg e 4000 U/kg, respectivamente) em rações com restrição de 86 kcal/kg de EMA e 1 a 2% de aminoácidos digestíveis e observaram melhora de 3,7% na conversão alimentar aos 42 dias de idade em comparação com o grupo de aves do controle negativo. Nunes et al. (2015) reduziram a EMA em 75 kcal/kg, o fósforo disponível em 0,10 e o cálcio em 0,12%, e verificaram que a adição de amilase (160 KNU/g), β -glucanase (280 FGB/g), xilanase (160 FXU/g), e fitase (2000 U/g) permitiu a recuperação parcial do desempenho dos frangos além de melhorar as características ósseas dos animais.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da adição de misturas enzimáticas exógenas em rações com restrição nutricional sobre o desempenho, rendimento de carcaça, viabilidade econômica das dietas e parâmetros ósseos de frangos de corte.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Obtenção de enzimas exógenas

Os estudos que envolvem a utilização de enzimas exógenas na alimentação são da década de 1920, mas o papel das enzimas sobre a redução de problemas digestíveis, e nas limitações associadas a alguns alimentos só foram esclarecidas na década de 80. Recentemente as técnicas industriais de purificação foram aperfeiçoadas permitindo a produção de enzimas em larga escala comercial (LIMA, 2005).

Nas últimas décadas o uso de enzimas exógenas na nutrição de não ruminantes no Brasil teve consideráveis avanços devido a diversos fatores a saber: aumento no número de empresas produtoras e aumento da oferta de produtos lançados no mercado, constantes pesquisas realizadas na área esclarecendo os efeitos benéficos de seu uso, principalmente no que tange a digestão e fatores antinutricionais presentes em alguns alimentos (SAKOMURA, et al. 2014).

As enzimas exógenas são produzidas a partir da fermentação de microrganismos como bactérias e fungos geneticamente modificados, principalmente dos gêneros *Bacilos* e *Aspergillus* respectivamente. Khattak et al. (2006) mencionam que os microrganismos usualmente envolvidos para produção de enzimas são as bactérias *Bacillus subtilis*, *Bacillus lentus*, *Bacillus amyloliquienfaciens* e *Bacillus stearothermophilis*, os fungos *Trichoderma longibrachiatum*, *Aspergillus oryzae* e *Aspergillus niger*, e a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Os microrganismos são alterados para produzir entre 50 e 100 gramas de proteína ativa por litro de líquido fermentativo. As proteínas são então purificadas e os resíduos indesejáveis são removidos do conteúdo produzido (ADEOLA & COWIESON, 2011).

Existe a preocupação de que as enzimas utilizadas na alimentação animal possam manter nível de atividade suficiente para se obter resposta significativa. Classen et al. (1991) relatam que a estrutura molecular das enzimas é bastante frágil e pode ser desnaturada pelo calor, pelos ácidos, pelas vitaminas, pelos minerais, metais pesados e outros agentes oxidantes, a maioria usualmente encontrada nos suplementos das rações, por esta razão o adequado armazenamento e conservação do produto enzimático contribuem para sua máxima eficiência.

É importante ressaltar que nem sempre a suplementação enzimática proporciona respostas positivas. Para uma enzima atuar, se faz necessário ter o substrato específico, hidrolisando-o, além de condições ideais de pH e temperatura. Esta ação catalítica é específica e é determinada pela estrutura primária, secundária, terciária e quaternária das enzimas, sendo que qualquer alteração na estabilidade das enzimas provoca uma alteração na sua estrutura e isto poderá provocar a perda de sua capacidade catalítica.

No mercado atual, estão disponíveis diversos tipos de enzimas como as fitases, amilases, proteases, lipases, xilanase, glucanases e outras, com a maior parte delas apresentando atividades diferentes e maior especificidade a um único substrato. Os produtos enzimáticos que contém mais de uma atividade são conhecidos por complexos onde são originados de um mesmo tipo de microrganismo, ou misturas enzimáticas monocomponentes denominados de “*Blends*” que são obtidos de microrganismos diferentes (TEIXEIRA, 2013).

1.2 Importância das carboidrases

A maior parte da dieta de aves é composta por componentes de origem vegetal, que na sua maioria são ricos em carboidratos, neste sentido as empresas de enzimas buscam elaborar produtos com diversas combinações de carboidrases, visto que na produção comercial de frangos estas combinações são largamente usadas para melhorar a disponibilidade dos nutrientes da dieta.

Bioquimicamente as carboidrases incluem todas as enzimas que catalisam uma redução no peso molecular de carboidratos, (ADEOLA & COWIESON, 2011) e fazem a degradação dos destes que estão intimamente ligados ao valor nutricional dos grãos do qual é limitado pelo teor de polissacarídeos não amiláceos solúveis (β -glucanos e arabinoxilanos) e insolúveis (principalmente celulose) (FIREMAN & FIREMAN, 1998).

O termo carboidrases, quando se refere às enzimas exógenas, inclui duas distintas classes com atividades diferentes, a amilase e aquelas coletivamente classificadas como enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos (PNAs). A base teórica, geral, seria que o primeiro grupo complementaria a ação das amilases endógenas, enquanto o segundo seria suplementado nas rações devido à ausência da produção destas enzimas pelas aves (MENEGETTI, 2013).

1.3 Amilase e substrato

O termo amilase foi primeiramente descrito para descrever as enzimas extracelulares capazes de promover a hidrólise das ligações α -1,4-glicosídicas dos polissacarídeos, esta enzima atua de modo geral sobre o amido e glicogênio, liberando os oligossacarídeos. No cenário atual, as amilases possuem grande valor comercial e biotecnológico, podendo ser utilizadas em diversas áreas (DEB et al., 2013).

O amido é o principal constituinte do grão de milho, estando presente no endosperma de células vegetais na forma de grânulos insolúveis, os quais são compostos principalmente por amilose e amilopectina (BACH KNUDSEN, 1997).

Segundo Tester et al. (2004) a fração de amilose do amido é um polímero essencialmente linear formadas por unidades de glicose por ligações do tipo α -1,4 e que corresponde de 15 a 30% do grânulo de amido, por sua vez, a amilopectina é um polímero maior com bastante ramificações e suas moléculas de glicose estão unidas em sua maioria por ligações do tipo α -1,4 e tipo α -1,6. As proporções dessas estruturas variam em função do tipo de vegetal, variedades de uma mesma espécie, e de acordo com o grau de maturação da planta (ELIASSON, 2004).

A α -amilase é a principal enzima pancreática das aves que desdobra o amido e possui especificidade para ligações α -1,4, no entanto, a velocidade de digestão da amilopectina (α -1,4 e α -1,6) é maior devido principalmente a conformação da cadeia, com grande número de ramificações, aumentando a eficiência enzimática no processo digestivo intestinal (BERTECHINI, 2006). Meneghetti (2013) menciona que a estrutura helicoidal da amilose dificulta a entrada de água e consequentemente reduz o acesso das enzimas digestivas, portanto, a glicose resultante da quebra de suas extremidades é liberada de forma mais lenta, porém de forma mais constante e num período mais longo que os grânulos de amilopectina.

As aves não secretam a enzima α -amilase salivar, portanto a digestão do amido só se inicia no intestino delgado com auxílio da α -amilase pancreática, principal responsável pela digestão do amido da dieta.

Valadares et al. (2016) comentam que a inclusão desta enzima nas dietas avícolas se dá para aumentar o aproveitamento da energia dos ingredientes da ração, muito provavelmente por quebrar maiores quantidades de amido durante o processo de digestão aumentando desta maneira, a digestibilidade da energia, portanto, as amilases exógenas tendem a complementar as enzimas endógenas auxiliando-as a exposição do

amido mais rapidamente à digestão no intestino delgado, conduzindo assim o aumento na utilização do nutriente, com consequente melhoria nas taxas de crescimento (SHEPPY, 2001).

Por não demonstrar resultados tão expressivos quando utilizada isoladamente, a enzima amilase tem sido testada em combinações com outras enzimas que atuam degradando polissacarídeos não amiláceos, ou em combinações com fitase, protease e outras carboidrases (COWIESON, et al 2006; BARBOSA, et al 2012; OLUKOSI, et al 2015; VALADARES, et al 2016).

Em trabalho de Kaczmarek et al. (2014) avaliando a suplementação da enzima amilase isoladamente e a combinação de amilase mais protease em dietas a base de milho e soja para frangos na fase de crescimento, foi observado que a adição da enzima de forma individual não foi capaz de melhorar o desempenho, além de demonstrar valores semelhantes ($P < 0,05$) para digestibilidade do amido (96,8; 96,8; e 96,9%), proteína (83,9; 80,1; e 79,6%) e de EMAn (3.129, 3.129 e 3.106 kcal/kg) quando comparadas a sua administração com protease.

1.4 Xilanase

Alguns cereais como sorgo, cevada, trigo e o farelo de soja ingrediente usual nas rações de frangos, possuem componentes em suas paredes celulares classificadas como polissacarídeos não amiláceos (PNAs), estes que são em sua maioria constituídos por celulose, pentosanas, pectinas, beta-glucanos não são aproveitados pelas aves por estas não apresentarem produção endógena destas enzimas (LEITE, 2009) (Figura 1).

Para Esmaeilipour et al. (2011) umas das vantagens destas enzimas é justamente a digestão destes componentes fibrosos da parede celular, pois desta maneira quando estas são quebradas facilita o acesso das enzimas ao interior e consequentemente pode ocorrer melhora na utilização de outros nutrientes provenientes da dieta, como de proteína a exemplo.

A enzima xilanase é produzida a partir de diferentes microrganismos e, industrialmente há preferência por origens bacterianas devido à facilidade de manipulação, genética das bactérias, diversidade metabólica e menor período de incubação (VERMA & SATYANARAYANA, 2012).

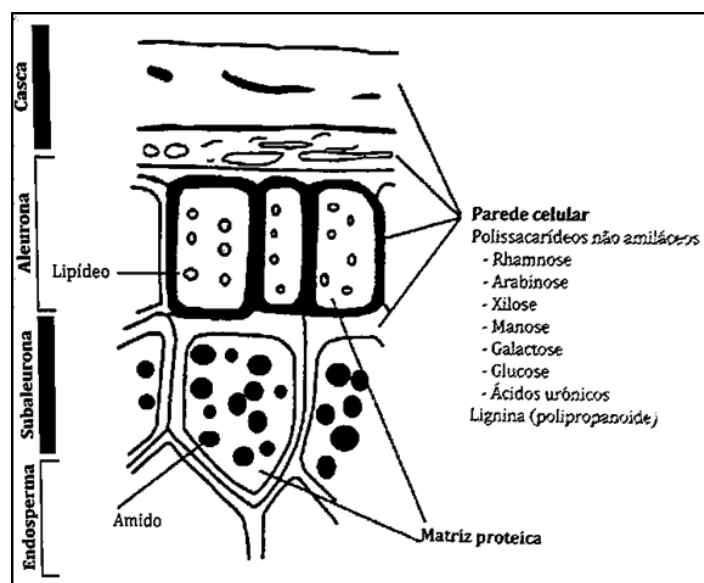


Figura 1. Estrutura de um grão contendo polissacarídeos não amiláceos (BACH KNUDSEN, 2001).

Um dos mecanismos de ação das xilanases foi relatado por Mathlouthi et al., (2003) quando avaliaram a adição de xilanase e β -glucanase sobre a digestibilidade dos nutrientes de dietas e os efeitos na microbiota de frangos de corte, alimentados com dietas compostas principalmente por milho, trigo e cevada, onde foi observada uma melhor digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável aparente, além deste efeito, também foi verificado redução no número de unidades formadoras de colônias de bactérias anaeróbias facultativas como *E. coli* nos cecos das aves.

Por ter sua ação principalmente sobre os polissacarídeos não amiláceos a enzima xilanase tem sido bastante estudada em dietas baseadas em grãos produzidos em maior escala em países temperados tais como: arroz, cevada, aveia e trigo. Conte et al. (2003) descreve melhora na conversão alimentar de frangos de corte de 1,56 para 1,47, resultado associado a utilização da enzima xilanase em dietas com compostas parcialmente por farelo de arroz integral.

Em estudo realizado por Liu et al. (2010) a enzima xilanase foi eficaz em reduzir os efeitos negativos do resíduo destilado de milho sobre o desempenho e digestibilidade dos componentes da dieta permitindo desta maneira uma maior inclusão deste ingrediente na dieta de frangos de corte.

Barekatain et al. (2013) avaliaram a adição da enzima xilanase em dietas contendo altas quantidades do resíduo destilado de sorgo, alimento que possui alta quantidade de polissacarídeos não amiláceos, e concluíram que a adição desta enzima

(1000 FXU/kg) pode ser utilizada para remover partes destes compostos antinutricionais melhorando o desempenho de frangos de corte.

A eficiência da enzima xilanase também foi evidenciado por Masey-O'Neill et al. (2014) que observaram redução na viscosidade da dieta melhorando a digestibilidade dos nutrientes, em especial do amido em dietas compostas principalmente por farelo de trigo quando comparadas a dietas formuladas a base de milho.

1.5 Ácido fítico e fitase

Uma das preocupações na nutrição de aves ocorre com o fósforo dos ingredientes vegetais, que por estar ligado ao ácido fítico é pouco disponível aos animais monogástricos, pois estes não dispõem em quantidades suficientes da enzima fitase para aproveitá-lo, onde somente cerca de um terço do fósforo total destes alimentos está disponível para aves. A lixiviação do fósforo a partir de excretas de aves e outros animais domésticos para a água de superfície e lençóis freáticos é um grave problema de poluição ambiental que pode ser minimizado com o uso de uma fitase exógena na ração (COSTA et al., 2007).

O ácido fítico ou fitato (mio-inositolhexaquisfosfato, IP6) é um complexo orgânico que ocorre naturalmente nas plantas, formando uma variedade de sais insolúveis com cátions di e trivalentes, sendo uma das formas pelas quais as plantas armazenam nutrientes para seu uso durante a germinação (CONSUEGRO, 1999) (Figura 2). As plantas utilizam minerais para o seu crescimento e amadurecimento, e uma das formas de armazenamento do mineral fósforo é através da integração do mesmo com a molécula de ácido fítico (DE CARLI et al., 2006) que se torna indisponível para os animais não ruminantes.

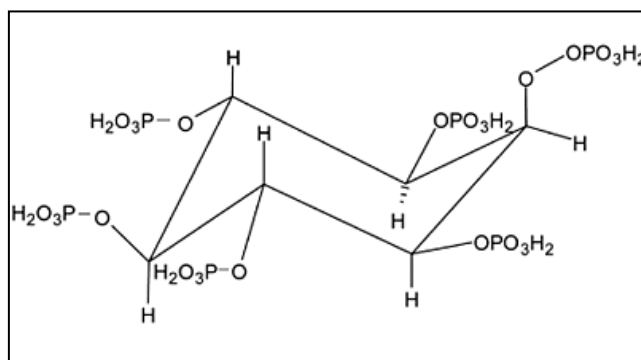


Figura 2. Estrutura do ácido fítico (CARLI et al., 2006).

Além de tornar o fósforo indisponível os fitatos apresentam capacidade de se unirem a cátions bivalentes tais como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} e Cu^{2+} formando quelatos, como consequência, há uma redução considerável na disponibilidade de alguns carboidratos e aminoácidos da dieta, além de interagir negativamente com algumas enzimas digestivas (PIRGOZLIEV et al., 2007; SING, 2008).

A disponibilização deste conteúdo de mineral, presente nos principais ingredientes utilizados na formulação de dietas animais (milho, soja, trigo, sorgo, etc.), poderia suprir parte da exigência diária de frangos de corte e poedeiras. Além do fósforo outros minerais, aminoácidos e proteínas quelatados ao fitato quando disponibilizados contribuem para melhorar o desempenho das aves (LYRA, 2011).

Por mais que grandes quantidades de milho e farelo de soja sejam incluídas nas formulações, ambos os alimentos não atendem totalmente as exigências de fósforo recomendada para cada fase de criação. Ainda que as aves possam ter presente no conteúdo intestinal uma pequena quantidade de fitase endógena, esta é insuficiente para degradar a molécula de ácido fítico dos vegetais, tornando a suplementação da fitase exógena alternativa viável para disponibilizar o fósforo contido nos ingredientes utilizados na alimentação (FREITAS, 2016).

No final da década de 60 surgiram os primeiros estudos relacionando a ação da enzima fitase obtida da fermentação de *Aspergillus ficuum* com a redução do fitato, como relatado por Nelson et al., (1968) que observaram melhoria na utilização do fósforo fítico do farelo de soja em dietas para aves.

Os primeiros estudos desenvolvidos com a enzima fitase, apesar de promissores, tiveram como entrave o alto custo no processo de obtenção do produto. Entretanto, com o avanço da tecnologia de fermentação, a fitase vem sendo comercializada industrialmente, o que tem despertado maior interesse de diversos nutricionistas preocupados com o alto custo do fósforo inorgânico e com a poluição ambiental causada pelo excedente de fósforo excretado (VIANA et al., 2009).

A enzima fitase reduz a excreção de fósforo pela liberação deste mineral que está contido na molécula de fitato, que geralmente está presente na parte vegetativa dos grãos. São enzimas que catalisam as reações de hidrólise das ligações que unem o grupo fosfato à molécula de mio-inositol, ou seja, tem ação de romper a molécula do fitato ou ácido fítico, aumentando a disponibilidade do fósforo (SELLE & RAVINDRAN, 2007).

A hidrólise do fitato pela fitase é um processo serial, portanto, cada intermediário fosfatado do mio-inositol é liberado do sítio ativo da enzima, mas pode ser substrato para a hidrólise seguinte. O mecanismo de catálise e o grau de desfosforilação do ácido fítico são variáveis entre as diferentes fitases (GREINER et al., 2002).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local

Os experimentos foram executados no Laboratório de Avicultura do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), Campus III da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), localizado no município de Bananeiras.

2.2 Animais e alojamento nas fases pré-experimentais

No período de 8 a 21 dias de idade foi utilizado um total de 900 pintos e de 33 a 47 dias 300 frangos de corte, machos da linhagem Cobb-500 SF®. As aves foram alojadas com 1 dia de idade até o início dos experimentos em sistema convencional de criação. Na primeira semana os pintos foram alojados em círculo de proteção, com aquecimento feito com campanulas a gás, o piso foi recoberto com cama de maravalha e água e ração foram fornecidas à vontade. As rações das fases pré-experimentais foram formuladas para atender as exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2011).

No início dos dois experimentos as aves foram pesadas e distribuídas em galpão convencional de alvenaria subdivididos em boxes de 1,5 x 1 m, equipados com bebedouro pendular, comedouro tubular numa densidade de alojamento de 10 aves/m².

2.3 Manejo

Durante os dois períodos experimentais as aves receberam ração e água à vontade. O programa de iluminação adotado foi de 24 h/dia de luz, somados a luz natural e artificial, enquanto as temperaturas e umidades relativa do ar foram verificadas quatro vezes ao dia às 08h00min, 11h00min, 14h00min e 17h00min.

As aves e as sobras de ração foram pesadas ao final do período experimental, e para se obter o peso final dos frangos, ganho de peso e se calcular o consumo de ração, e conversão alimentar ajustada pela mortalidade de cada fase.

2.4 Dietas experimentais

2.4.1 Fase de 8 a 21 dias

As rações experimentais foram constituídas por um controle positivo (CP), contendo milho e farelo de soja como ingredientes principais sem adição da mistura enzimática e um controle negativo (CN) com redução média de 2,5% em energia metabolizável, proteína bruta, lisina digestível, metionina + cistina digestível, treonina digestível, cálcio e fósforo disponível. Posteriormente, adicionaram-se quatro misturas enzimáticas (ME) à ração CN (ME₁, ME₂, ME₃ e ME₄) conforme constam nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Tratamentos experimentais da fase inicial (8 a 21 dias de idade)

Tratamentos	Dietas
1	Controle Positivo (CP)
2	Controle Negativo (CN)
3	CN+ME ₁
4	CN+ME ₂
5	CN+ME ₃
6	CN+ME ₄

A ração controle positivo (CP) foi formulada para atender as exigências de todos os nutrientes para frangos de alto desempenho de 8 a 21 dias de idade (ROSTAGNO et al., 2011), enquanto a dieta controle negativo foi formulada com uma margem de 2,5% de redução nutricional em EMAn, PB, Aminoácidos essenciais na base digestível (Lys, Met, Met+Cys, Thr, Trp, Val), Ca e Pd (Tabela 3).

Tabela 2. Composição das Misturas Enzimáticas

Misturas Enzimáticas	Composição
1	200g/ton de protease (15.000 PROT/kg); 133g/ton de amilase, (80 KNU/kg); 100g/ton de fitase (1.000 FYT/kg)
2	200g/ton de protease (15.000 PROT/kg); 133g/ton de amilase, (80 KNU/kg); 250g/ton de fitase (2.500 FYT/kg)
3	200g/ton de protease (15.000 PROT/kg); 133g/ton de amilase, (80 KNU/kg); 100g/ton de fitase (1.000 FYT/kg); 50g/ton xilanase (100 FXU/kg)
4	200g/ton de protease (15.000 PROT/kg); 133g/ton de amilase, (80 KNU/kg); 250g/ton de fitase (2.500 FYT/kg); 50g/ton xilanase (100 FXU/kg)

Tabela 3. Composição percentual e valores nutricionais das rações controle positivo (CP) e controle negativo (CN) para frangos de 8 a 21 dias de idade

Ingredientes (%)	Inicial (kg/ton)	
	Controle Positivo	Controle Negativo
Milho Grão (7,88%)	566,880	606,120
Farelo de soja (45%)	360,490	341,460
Óleo de soja	33,600	14,250
Fosfato bicálcico	15,750	15,110
Calcário	9,330	9,140
DL-Metionina	3,070	2,950
L-lisina HCl	2,340	2,460
L-Treonina	0,730	0,720
Sal comum	4,830	4,810
Cloreto de Colina (60%)	0,600	0,600
Suplemento Vitamínico ¹	0,500	0,500
Suplemento Mineral ²	0,500	0,500
Anticoccidiano ³	0,500	0,500
Bacitracina de Zn	0,150	0,150
Antioxidante ⁴	0,100	0,100
Inerte ⁵	0,630	0,630
Total	1000,00	1000,00
Composição química		
Energia metabolizável (kcal. kg ⁻¹)	3.050	2.973
Proteína bruta (%)	21,200	20,660
Amido (%)	39,976	42,206
Gordura (%)	6,023	4,208
Fibra bruta (%)	2,887	2,858
Cálcio (%)	0,841	0,820
Fósforo disponível (%)	0,401	0,391
Cloro (%)	0,344	0,394
Potássio (%)	0,823	0,800
Sódio (%)	0,210	0,854
Metionina + cistina digestível (%)	0,876	0,572
Metionina digestível (%)	0,587	1,186
Lisina digestível (%)	1,217	0,771
Treonina digestível (%)	0,791	1,299
Arginina digestível (%)	1,333	0,231
Triptofano digestível (%)	0,237	0,913
Valina digestível (%)	0,937	0,913

¹Suplemento vitamínico inicial: 1.200.000 UI de vitamina A, 2.200.000 UI de vitamina D3, 30.000 mg de vitamina E, 2.500mg de vitamina K3, 2.200 mg de vitamina B1, 6.000 mcg de vitamina B2, 3.300 mg de vitamina B6, 16.000 mg de vitamina B12, 53.000 mg de niacina, 13.000 mg de ácido pantotênico, 110 mg de biotina, 1.000 mg de ácido fólico, 500 mg de antioxidante. ²Suplemento mineral: 250 mg de selênio, 75.000 mg de manganês, 70.000 mg de zinco, 50.000mg de ferro, 8.500 mg de cobre, 1.500 mg de iodo, 200 mg de cobalto (Níveis de garantia por kg de produto). ³Salinomicina sódica 12g. ⁴200 ppm de Hidróxido de Tolueno Butilado (BHT). ⁵Caulim.

2.4.2 Fase de 33 a 47 dias

As rações utilizadas neste período foram um controle positivo (CP), sem adição de enzimas, e duas rações controle negativo 1 (CN₁) com redução de 1,5 % em energia metabolizável, proteína bruta, Lys Digestível, Met + Cys Digestível, Thr Digestível e fósforo disponível, e um controle negativo 2 (CN₂) com redução de 3 % dos mesmos nutrientes do CN₁. A mistura enzimática 4 (ME₄) do experimento anterior foi adicionada às rações CN₁ e CN₂ resultando, respectivamente, nos CN₁+ME₄ e CN₂+ME₄ (Tabela 4). As rações (Tabela 5) foram formuladas para atender as exigências dos frangos de 33 a 42 e de 43 a 47 dias de idade de acordo com as recomendações nutricionais de Rostagno et al. (2011).

Tabela 4. Tratamentos experimentais da fase de 22 a 47 dias de idade

Tratamentos	Dietas
1	Controle Positivo (CP)
2	Controle Negativo (CN ₁)
3	Controle Negativo (CN ₂)
4	CN ₁ + ME ₄ ¹
5	CN ₂ + ME ₄

¹M₄=200g/ton de protease (15.000 PROT/kg); 133g/ton de amilase, (80 KNU/kg); 250g/ton de fitase (2.500 FYT/kg); 50g/ton xilanase (100 FXU/kg)

Tabela 5. Composição percentual e valores nutricionais das rações controle positivo (CP) e controle negativo (CN) para frangos de 33 a 42 e 43 a 47 dias de idade

Ingredientes (%)	33-42			43-47		
	CP	CN -1,5%	CN -3%	CP	CN -1,5%	CN -3%
Milho Grão (7,88%)	642,730	652,200	673,450	659,780	665,610	686,110
Farelo de soja (45%)	284,490	275,500	265,480	264,420	257,710	248,090
Óleo de soja	40,840	33,430	22,550	45,310	39,240	28,360
Fosfato bicálcico	11,240	11,030	10,660	10,170	10,020	9,790
Calcário	7,960	8,140	8,290	8,270	8,430	8,640
Sal comum	4,640	4,640	4,530	4,320	4,320	4,310
DL-Metionina	2,720	2,660	2,590	2,490	2,430	2,400
L-lisina HCl	2,670	2,700	2,760	2,620	2,630	2,700
L-Treonina	0,760	0,750	0,740	0,670	0,660	0,650
Cloreto de Colina (60%)	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Suplemento Vitamínico ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Suplemento Mineral ²	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Bacitracina de Zn	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
Anticoccidiano ³	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Antioxidante ⁴	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Inerte ⁵	-	6,367	6,367	-	6,367	6,367
Protease	-	0,133	0,133	-	0,133	0,133
Amilase	-	0,200	0,200	-	0,200	0,200
Xilanase	-	0,050	0,050	-	0,050	0,050
Fitase	-	0,250	0,250	-	0,250	0,250
Total	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
Composição química						
Energia metabolizável (Kcal. kg ⁻¹)	3.200	3.152	3.104	3.250	3.201	3.153
Proteína bruta (%)	18,400	18,120	17,850	17,600	17,340	17,070
Amido (%)	43,795	44,691	47,087	44,039	44,897	46,063
Gordura (%)	6,894	6,230	5,329	7,680	6,773	5,748
Fibra bruta (%)	2,619	2,770	2,663	2,724	2,517	2,502
Cálcio (%)	0,663	0,663	0,663	0,614	0,614	0,614
Fósforo disponível (%)	0,309	0,304	0,300	0,286	0,282	0,277
Cloro (%)	0,329	0,331	0,335	0,330	0,310	0,310
Potássio (%)	0,707	0,756	0,705	0,743	0,664	0,653
Sódio (%)	0,200	0,203	0,205	0,203	0,190	0,190
Metionina + cistina digestível (%)	0,774	0,762	0,751	0,734	0,723	0,712
Metionina digestível (%)	0,519	0,510	0,501	0,488	0,480	0,472
Lisina digestível (%)	1,060	1,044	1,028	1,006	0,991	0,976
Treonina digestível (%)	0,689	0,679	0,668	0,654	0,644	0,634
Arginina digestível (%)	1,120	1,204	1,108	1,183	1,043	1,098
Triptofano digestível (%)	0,197	0,212	0,194	0,208	0,182	0,182
Valina digestível (%)	0,772	0,825	0,771	0,811	0,727	0,715

¹Suplemento vitamínico final: 1.000.000 UI de vitamina A, 1.700.000 UI de vitamina D3, 20.000 mg de vitamina E, 2.000 mg de vitamina K3, 2.000 mg de vitamina B1, 4.000 mg de vitamina B2, 2.000 mg de vitamina B6, 10.000 mcg de vitamina B12, 20.000 mg de niacina, 10.000 mg de ácido pantotênico, 25 mg de biotina, 500 mg de ácido fólico. ²Suplemento mineral: 250 mg de selênio, 75.000 mg de manganês, 70.000 mg de zinco, 50.000 de ferro, 8.500 mg de cobre, 1.500 mg de iodo, 200 mg de cobalto (Níveis de garantia por kg de produto). ³Salinomicina sódica 12g. ⁴200 ppm de Hidróxido de Tolueno Butilado (BHT). ⁵Caulim.

2.5 Variáveis analisadas

Foram avaliados os desempenhos dos animais de 8 a 21 e de 33 a 47 dias de idade. O consumo de ração foi calculado pela diferença entre a ração ofertada e o peso das sobras, o ganho de peso foi a diferença entre o peso final e o peso inicial dos

animais no período experimental. A conversão alimentar foi obtida pela relação entre o consumo de ração e o ganho de peso.

Foram realizadas análise da viabilidade econômica das rações para determinar os índices econômicos de cada mistura enzimática. A análise econômica foi realizada de acordo com Bellaver et al. (1985) onde:

$$\text{Custo da Ração (R$/kg)} = \frac{\text{Ração Consumida} \times \text{Preço da Ração (Kg)}}{\text{Ganho de Peso}}$$

Os demais índices econômicos foram adaptados de acordo com as recomendações preconizadas por Murakami et al. (2009), onde:

Custo Médio da Ração (CMR) = Quantidade de Ração Consumida x Preço da ração

Receita Média Bruta (RMB) = Ganho de peso x Preço do Kg frango

Margem Bruta (MB) = Receita Média Bruta – Custo Médio da Ração

$$\text{Índice de rentabilidade (IR)} = \frac{\text{Margem Bruta}}{\text{Custo Médio da Ração}} \times 100$$

O cálculo de Índice de eficiência produtiva foi realizado pela seguinte equação:

$$\text{IEP} = \frac{\text{Ganho de peso diário (Kg)} \times \text{viabilidade (\%)}}{\text{Conversão Alimentar}} \times 100$$

Considerou-se o preço médio do kg dos ingredientes e do frango vivo, coletados no período de julho de 2016 praticados por uma empresa integradora na região da Paraíba (Tabela 6).

Tabela 6. Preço dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

Ingredientes	R\$/kg	Ingredientes	R\$/kg
Milho Grão (7,88%)	1,050	Suplemento Vitamínico ¹	9,00
Farelo de soja (45%)	1,980	Suplemento Mineral ²	6,00
Óleo de soja	3,600	Bacitracina de Zn	50,00
Fosfato bicálcico	3,100	Anticoccidiano ³	12,50
Calcário	0,270	Antioxidante ⁴	50,00
Sal comum	0,270	Inerte ⁵	0,20
DL-Metionina	21,000	Protease	62,80
L-lisina HCl	5,100	Amilase	43,96
L-Treonina	7,00	Xilanase	28,30
Cloreto de Colina (60%)	4,5	Fitase	31,40

¹Suplemento vitamínico final: 1.000.000 UI de vitamina A, 1.700.000 UI de vitamina D3, 20.000 mg de vitamina E, 2.000 mg de vitamina K3, 2.000 mg de vitamina B1, 4.000 mg de vitamina B2, 2.000 mg de vitamina B6, 10.000 mcg de vitamina B12, 20.000 mg de niacina, 10.000 mg de ácido pantotênico, 25 mg de biotina, 500 mg de ácido fólico. ²Suplemento mineral: 250 mg de selênio, 75.000 mg de manganês, 70.000 mg de zinco, 50.000 de ferro, 8.500 mg de cobre, 1.500 mg de iodo, 200 mg de cobalto (Níveis de garantia por kg de produto). ³Salinomicina sódica 12g. ⁴200 ppm de Hidróxido de Tolueno Butilado (BHT). ⁵Caulim.

2.6 Metodologia de abate, dos cortes e das coletas de tíbias

Aos 47 dias de idade dez aves com média de peso de cada tratamento foram selecionadas para o abate, após jejum de aproximadamente seis horas, seguida de insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração e cortes. Na determinação do rendimento de carcaça, considerou-se o peso da carcaça eviscerada (sem vísceras, pés e cabeça) em relação ao peso vivo da ave. As coxas, sobrecoxas, peito, asas, os órgãos comestíveis (fígado, moela, e coração) e gordura abdominal foram pesadas e seus rendimentos calculados em relação ao peso da carcaça eviscerada.

Um segundo grupo de seis aves por cada tratamento foi selecionado, para as coletas de tíbia para análises dos parâmetros ósseos. Após colhidas, as tíbias foram armazenadas a -20°C.

Depois de descongeladas, as tíbias foram descarnadas, identificadas e fervidas por 10 minutos. Em seguida, lavadas em água fria para retirada dos resíduos de carne, cartilagem proximal e fíbula. Em seguida foram secas em estufa de ventilação a 100 °C por 12 horas (FUKAYAMA, et al., 2008). A escolha da tíbia decorreu pelo comprimento do osso e facilidade de remoção, utilizando-se apenas as tíbias direitas para as respectivas análises.

Os parâmetros ósseos analisados foram: peso (mg) obtido em balança analítica com precisão de 0,0001 g, e comprimento da tíbia (mm), verificadas com auxílio de paquímetro digital. Como indicativo de densidade óssea foi utilizado o índice de Seedor que considera a relação peso/comprimento (mg/mm) do osso.

A força necessária para quebra do osso foi determinada utilizando-se o equipamento TA.X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England). Todos os ossos foram testados na mesma posição, com suas extremidades apoiadas em dois suportes apropriadamente afastados em 3 cm, e a carga foi aplicada no centro (região da diáfise do osso) a uma velocidade constante de 10 mm/min. O momento da ruptura da força foi registrado em quilograma força ($\text{kgf}^{-1}\text{cm}^2$).

2.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

Nas duas fases estudadas foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. De 8 a 21 dias, os tratamentos foram constituídos por seis rações e com dez repetições de 15 aves, e de 33 a 47 dias, com cinco rações de quatro repetições e 15 aves.

Os resultados dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância com auxílio do PROC GLM do programa estatístico SAS (2009), e as médias foram comparadas pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Desempenho dos frangos de 8 a 21 dias de idade

Na fase 8 a 21 dias não houve efeito ($P>0,05$) da adição das misturas enzimáticas à ração controle negativo sobre o consumo, porém as variáveis ganho de peso e conversão alimentar foram melhores ($P<0,05$) para os grupos de aves da ração controle positivo e dos grupos de aves alimentadas com as rações controle negativo suplementadas com as misturas enzimáticas em comparação com as aves que receberam as rações controle negativo (Tabela 7).

Tabela 7. Desempenho de frangos de corte de 8 a 21 dias alimentados com rações sem ou com restrição nutricional suplementadas ou não com misturas de enzimas

Tratamentos	Desempenho de 8 a 21 dias		
	CR (g)	GP (g)	CA (g/g)
CP ¹	1066,54±1,26	905,04±1,09 ^A	1,170±0,01 ^A
CN ²	1089,70±1,45	860,95±0,85 ^B	1,260±0,03 ^B
CN + ME ₁ ³	1079,46±0,97	906,30±0,30 ^A	1,190±0,01 ^A
CN + ME ₂ ⁴	1066,53±1,42	883,95±1,22 ^A	1,210±0,01 ^A
CN + ME ₃ ⁵	1073,41±1,26	896,33±0,66 ^A	1,200±0,01 ^A
CN + ME ₄ ⁶	1059,40±0,96	905,54±0,75 ^A	1,170±0,01 ^A
<i>P-value</i>	0,8549	0,0002	0,0001
CV (%)	4,01	2,88	3,52

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem significativamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ¹CP: Controle positivo; ²CN: controle negativo com restrição nutricional em 2,5%; ³ME₁: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 100g/ton de fitase; ⁴ME₂: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; ⁵ME₃: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 100g/ton de fitase - 1.000 FYT/kg; 50g/ton xilanase - 100 FXU/kg; ⁶ME₄: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; 100 FXU/kg.

As melhores conversões alimentares observadas nesta fase para as rações controle negativo suplementadas com as misturas enzimáticas corrobora a hipótese que a adição de enzimas as rações melhoram a digestão e a degradação dos nutrientes, com posterior absorção e aproveitamento pelas aves. Barbosa et al. (2012) também observaram efeito positivo da adição de uma mistura enzimática (800 U/g de xilanase, 2000U/g de amilase e 6000U /g de protease e 500 U/g de fitase) a uma ração com redução nutricional de 4,3% de EM na fase inicial. Os autores concluíram que esta mistura enzimática proporcionou resultados de desempenho semelhante àqueles de aves alimentadas com rações com níveis nutricionais adequados.

Os resultados do presente estudo com uma restrição nutricional média de 2,5% dos principais nutrientes da ração discordam dos encontrados por Zhu et al. (2014) que não verificaram efeito da suplementação enzimática em dietas com restrição de 1,75% apenas da EMA da dieta. No ultimo caso, a adição de enzimas a ração CN mantendo outros nutrientes (PB, AAES, Ca e Pd) em níveis satisfatórios pode ter desequilibrado o “pool” de nutrientes no sangue das aves, por exemplo, de aminoácidos essenciais deprimindo o desempenho dos frangos, o que ajuda a explicar as divergências de resultados entre os dois experimentos.

Os melhores ganho de peso e conversão alimentar nesta fase podem ser explicados, segundo Sakomura et al. (2004) devido as aves mais jovens apresentarem menor aproveitamento da energia dos alimentos causado pela baixa síntese de enzimas digestivas nesta idade. Ravindran (2013) comenta que as enzimas exógenas facilitam a digestão porque proporcionam maior acesso ao substrato o que reduz os efeitos antinutricionais dos alimentos e melhoram a utilização de nutrientes pelas aves jovens, resultando em melhor conversão do alimento.

3.2 Viabilidade econômica das rações de frangos de 8 a 21 dias de idade

Na análise de viabilidade econômica (Tabela 8) verificou-se o maior custo da ração no tratamento controle negativo, seguido, exceto do controle negativo + ME4 que obteve custo da ração igual ao controle positivo, do controle negativo suplementado com as outras misturas enzimáticas. O fato do controle negativo apresentar pior custo de ração está relacionado ao menor ganho de peso das aves deste tratamento. O índice de rentabilidade foi em ordem: $CN+ME_4 > CN+ME_1 > CN+ME_2 > CP > CN+ME_2 > CN$, como observado a ração CN+ME4 apresentou o melhor, e a ração controle negativo o pior índice de rentabilidade, o que justifica economicamente a suplementação enzimática de rações com restrição nutricional.

O índice de eficiência produtiva também foi melhor na ração CN com a adição das misturas enzimáticas juntamente com a ração CP, este efeito provavelmente ocorreu pelo maior ganho de peso e viabilidade e melhor conversão alimentar dos frangos alimentados com estas rações.

Tabela 8. Viabilidade econômica das dietas de frangos de corte alimentados com rações com ou sem restrição nutricional suplementadas ou não com misturas de enzimas de 8 a 21 dias de idade

Tratamentos	CR (R\$/kg)	CMR	RMB	MB	IR	IEP
CP	3,98	1,69	3,08	1,39	82,24	519,12
CN ¹	4,30	1,66	2,93	1,27	76,50	454,88
CN + ME ₁ ²	4,05	1,67	3,08	1,41	84,43	512,07
CN + ME ₂ ³	4,10	1,65	3,01	1,36	82,42	495,12
CN + ME ₃ ⁴	4,07	1,66	3,05	1,39	83,73	505,47
CN + ME ₄ ⁵	3,98	1,64	3,08	1,44	87,80	523,34
CV (%)	4,01	2,98	3,91	2,86	5,14	4,79

Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem significativamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ¹CP: Controle positivo; ²CN: controle negativo com restrição nutricional em 2,5%; ³ME₁: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 100g/ton de fitase; ⁴ME₂: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; ⁵ME₃: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 100g/ton de fitase - 1.000 FYT/kg; 50g/ton xilanase - 100 FXU/kg; ⁶ME₄: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; 100 FXU/kg. CR (R\$/kg) = Custo da ração; CMR= Custo médio da ração, RMB= Renda media bruta; MB= Margem bruta; IR= Índice de rentabilidade; IEP=Índice de eficiência produtiva.

3.3 Desempenho dos frangos de 33 a 47 dias de idade

O consumo de ração não foi alterado pelas rações ($P>0,05$) nas fases de 33 a 42 e de 33 a 47 dias de idade, porém o ganho de peso foi positivamente influenciado ($P<0,05$) pela adição da mistura enzimática, que equiparou o ganho de peso do grupo de aves alimentadas com a ração CN₂+ME₄ com aquele do grupo de frangos alimentado com a ração controle positivo, com melhores resultados de conversão alimentar para os grupos de animais alimentados com essas duas rações e também aqueles grupos recebendo as rações CN₁ e CN₁+ME₄ (Tabela 9).

Gitoe et al. (2015) relataram que a mistura de xilanase, protease e amilase em dietas a base de milho e farelo de soja permitiu a redução do nível energético da ração em até 200 kcal sem afetar negativamente o desempenho. Já Nikam et al. (2016) que estudaram o efeito de cinco carboidrases em duas concentrações (Xilanase, β -glucanase, celulase, mananase e pectinase- 2400, 4800, 1800, 4800 e 2400 UI/kg e 4800, 9600, 3600, 9600 e 4800 UI/kg, respectivamente) em dietas com restrição de 100 kcal de EM para frangos de corte e constataram que o melhor desempenho foi obtido com aves do grupo alimentado com as dietas com níveis nutricionais adequados em todas as fases de criação, corroborando, parcialmente os resultados obtidos neste estudo.

Por outro lado, Pucci et al. (2010), Yegani & Korver (2013) não observaram efeito compensatório das enzimas exógenas na fase de crescimento e final de frangos de corte, embora as enzimas tenham sido capazes de melhorar as dietas do controle

negativo com redução de 3% e 5% de EM respectivamente em relação a dieta controle negativo.

Tabela 9. Desempenho de frangos alimentados com ração completa ou com restrição nutricional suplementada com uma mistura de enzimas de 33 a 42 e de 33 a 47 dias de idade

Tratamentos	Desempenho de 33- 42 dias		
	CR(kg)	GP(kg)	CA (kg/kg)
CP ¹	1,984±0,046	1,257±0,030 ^A	1,58±0,030 ^A
CN1 ²	1,987±0,026	1,157±0,025 ^{AB}	1,72±0,033 ^{AB}
CN2 ³	1,971±0,036	1,130±0,032 ^B	1,74±0,032 ^B
CN1 + ME ₄ ⁴	1,992±0,035	1,193±0,031 ^{AB}	1,67±0,030 ^{AB}
CN2 + ME ₄	1,931±0,029	1,226±0,024 ^A	1,57±0,007 ^A
<i>P-value</i>	0,7388	0,0057	0,0016
CV (%)	4,14	4,39	4,01
Tratamentos	Desempenho de 33- 47 dias		
	CR(kg)	GP(kg)	CA (kg/kg)
CP	2,913±0,038	1,720±0,030 ^A	1,69±0,018 ^A
CN1	2,903±0,033	1,652±0,025 ^{AB}	1,75±0,029 ^{AB}
CN2	2,883±0,035	1,532±0,032 ^B	1,88±0,007 ^B
CN1 + ME ₄	2,846±0,051	1,663±0,031 ^{AB}	1,71±0,031 ^A
CN2 + ME ₄	2,883±0,057	1,730±0,024 ^A	1,66±0,012 ^A
<i>P-value</i>	0,9527	0,0031	0,0025
CV (%)	1,71	3,05	3,00

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ¹CP: controle positivo, ²CN₁: controle negativo com restrição nutricional em 1,5%; ³CN₂: controle negativo com restrição nutricional em 3%; ⁴ME₄: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; 50g/ton xilanase - 100 FXU/kg.

O melhor ganho de peso e conversão alimentar dos frangos recebendo rações CN₁ e CN₂ suplementadas com mistura enzimática pode ser explicado pela melhor digestão e eficiência de utilização dos nutrientes da dieta, Barbosa et al. (2014) também encontraram o efeito da adição de enzimas em rações contendo milho e farelo de soja, os autores verificaram melhor aproveitamento dos nutrientes e da energia da dieta com reflexos positivos sobre o desempenho.

Dietas compostas por milho e farelo de soja contem níveis consideráveis de amido resistente e polissacarídeos não amiláceos (PNAs) que são potencialmente antagônicos à utilização dos nutrientes afetando negativamente o desempenho das aves. Para Zou et al. (2013), a adição de enzimas como xilanase e amilase a ração estimulou a hidrólise dos PNAs e liberou o amido resistente aumentando o aporte nutricional e energético para deposição proteica, aumentando o ganho de peso dos frangos.

A recuperação do ganho de peso e conversão alimentar do grupo de frangos da ração CN₁ e CN₂, com redução nutricional média de 1,5 e 3% respectivamente, quando

suplementada com a ME₄, corrobora a hipótese de que a manutenção do desempenho de frangos recebendo rações com níveis de redução de nutrientes depende do equilíbrio entre a matriz nutricional das enzimas e o nível de restrição nutricional.

Rações com leve déficit suplementadas com misturas enzimáticas podem afetar negativamente o desempenho dos frangos por disponibilizar nutrientes acima da exigência dos animais causando um desequilíbrio no balanço nutricional da ração.

Segundo Runho et al., (2001) o excesso de Pd e de Ca na dieta pode causar redução na absorção de nutrientes pela parede intestinal devido a formação de complexos insolúveis, assim como reduzir a digestibilidade de alguns aminoácidos, como metionina e lisina que são essenciais do ponto de vista nutricional. O excesso de aminoácidos também é prejudicial aos frangos como comenta Dionízio et al. (2005), pois o aumento destes na circulação pode conduzir ao maior gasto de energia para que sejam excretados provendo incremento calórico desnecessário, depreciando o desempenho das aves

3.4 Rendimento de carcaça e cortes dos frangos

Os rendimentos de carcaça, peito e coxa não foram influenciados ($P>0,05$) pela adição da mistura enzimática ou pela redução nutricional das rações. Entretanto, os rendimentos de sobrecoxa e asas foram maiores e os de gordura abdominal foram menores na ração CN₂+ME₄ em comparação com as rações do CP, CN₂ e CN₁+ME₄ (Tabela 10).

Estes resultados são semelhante aos encontrados por Carvalho et al. (2009) que trabalhando com restrição de 3% de EMA e adição de uma mistura enzimática composta por protease, amilase e xilanase sobre rendimento de carcaça, peito e percentual de gordura abdominal, não observaram efeito significativo nestas variáveis.

Os resultados do presente estudo corroboram aqueles de Oladunjoye, & Ojebiyi (2010), e Zakaria et al. (2010) que não observaram efeito da suplementação enzimática ou da redução de nutrientes e de EMA sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. Por sua vez, Dalólio et al. (2016) constataram melhoras significativas para os rendimentos de peito e de asas de frangos de corte aos 42 dias de idade quando alimentados com dietas suplementadas com as enzimas fitase, protease, xilanase, β – glucanase, celulase, amilase e pectinase.

Tabela 10. Rendimento de carcaça, cortes nobres e gordura abdominal em frangos de 33 a 47 dias de idade alimentados com ração completa ou com restrição nutricional suplementadas com uma mistura de enzimas

Tratamentos	Pesos Absolutos (g)					
	Carcaça	Peito com osso	Coxa	Sobrecoxa	Asas	Gordura Abd.
CP	2988,0±0,01	1157,6±0,01	338,0±0,03	424,6±0,01	271,6±0,04	58,8±0,01
CN ₁ ¹	2875,3±0,05	1166,5±0,03	342,8±0,05	424,4±0,02	267,9±0,08	54,1±0,01
CN ₂ ²	2928,1±0,01	1108,6±0,02	356,8±0,08	410,7±0,01	259,7±0,04	58,8±0,01
CN ₁ + ME ₄ ³	2870,0±0,08	1095,2±0,02	327,6±0,07	394,6±0,03	249,8±0,05	63,8±0,01
CN ₂ + ME ₄	2908,0±0,04	1089,3±0,03	342,6±0,01	421,3±0,02	270,1±0,09	50,0±0,01
<i>P-value</i>	0,2293	0,1868	0,1538	0,0956	0,1088	0,2879
CV (%)	3,81	7,09	6,53	7,90	6,76	21,60
Tratamentos	Pesos Relativos (%)					
	Carcaça	Peito com osso	Coxa	Sobrecoxa	Asas	Gordura Abd.
CP	83,19±1,71	39,42±0,58	11,53±0,10	14,49±0,34 ^B	9,27±0,31 ^B	2,01±0,10 ^B
CN ₁	80,55±0,33	40,18±0,56	11,83±0,20	14,61±0,33 ^B	9,20±0,29 ^B	1,87±0,13 ^{AB}
CN ₂	79,84±0,63	38,88±0,63	12,56±0,18	14,86±0,23 ^B	9,17±0,42 ^B	2,10±0,09 ^B
CN ₁ + ME ₄	81,07±0,50	40,40±0,84	12,08±0,22	13,68±0,31 ^B	9,22±0,48 ^B	2,18±0,09 ^B
CN ₂ + ME ₄	83,81±1,58	39,79±0,82	11,54±0,35	15,06±0,32 ^A	10,12±0,33 ^A	1,69±0,05 ^A
<i>P-value</i>	0,0600	0,5769	0,0855	0,0325	0,0008	0,0002
CV (%)	3,87	4,97	5,22	6,31	5,11	13,53

Médias seguidas de letras distintas, diferem significativamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ¹CP: controle positivo, ²CN₁: controle negativo com restrição nutricional em 1,5%; ³CN₂: controle negativo com restrição nutricional em 3%; ³ME₄: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; 50g/ton xilanase - 100 FXU/kg.

3.5 Parâmetros ósseos dos frangos 33 a 47 dias de idade

Os parâmetros ósseos apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos avaliados (Tabela 11). O melhor índice de Seedor e resistência óssea foram observados para o grupo de animais alimentados com o CP e CN₂+ME₄ em comparação com os animais alimentados com as rações CN₁, CN₂ e CN₁+ME₄. Estes resultados indicam que, em média, os animais do controle positivo e do tratamento CN₂+ME₄ apresentaram melhor características ósseas, evidenciando a ação da fitase na redução do efeito negativo do ácido fítico e sobre a disponibilidade do cálcio, fósforo e demais cátions divalentes.

A redução do Pd, provavelmente, diminuiu a mineralização, e a inclusão da fitase disponibilizou mais fósforo para deposição óssea, melhorando, assim, a densidade das tíbias em estudo. A maior densidade óssea em aves alimentadas com suplementação de fitase também foram observadas por Onyango et al. (2004) e Oliveira et al. (2008), corroborando com os resultados do presente estudo.

Em estudo realizado por Kiarie et al., (2015) foi evidente que a suplementação de 2,000 FTU/kg de fitase conseguiu melhorar o valor nutricional de rações com milho e farelo de soja, no que se refere a deposição dos minerais Ca e P nas tíbias, além destes

efeitos os autores descreveram que a adição de fitase também melhora o aproveitamento de aminoácidos e de energia pelo animal.

Tabela 11. Parâmetros ósseos de frangos de corte alimentados com rações com ou sem restrição nutricional suplementados ou não com mistura de enzimas

Tratamentos	Índice de Seedor	Resistência Óssea (kgf ⁻¹ cm ²)
CP ¹	0,180 ^A	51,772 ^A
CN ₁ ²	0,169 ^B	44,881 ^B
CN ₂ ³	0,168 ^B	43,050 ^B
CN ₁ + ME ₄ ⁴	0,170 ^B	44,368 ^B
CN ₂ + ME ₄	0,188 ^A	52,787 ^A
<i>P-value</i>	0,0078	0,0067
CV (%)	6,16	9,74

Médias seguidas de letras distintas, diferem significativamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ¹CP: controle positivo, ²CN₁: controle negativo com restrição nutricional em 1,5%; ³CN₂: controle negativo com restrição nutricional em 3%; ⁴ME₄: 200g/ton de protease -15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; 50g/ton xilanase - 100 FXU/kg.

Fukayama et al. (2008) observaram que adição de 750 UFT/kg de fitase na ração possibilitou o máximo desempenho das aves, além de boas características de mineralização óssea e resistência a quebra nas tíbias das aves, quando comparadas aos animais alimentados que receberam dietas com redução de Pd. Concordando com os resultados do presente estudo, Powell et al. (2011) também verificaram uma maior resistência a quebra de tíbias de aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase.

3.6 Viabilidade econômica das rações de frangos de 33 a 47 dias de idade

A viabilidade econômica (Tabela 12) mostrou que a ração CN₂ apresentou os piores resultados para a renda média bruta, margem bruta e índice de rentabilidade, inferindo que a redução nutricional e de energia metabolizável de 3% além de prejudicar o desempenho dos animais demonstra-se economicamente inviável. Contrapondo este comportamento, a ração CN₂+ME₄ apresentou os melhores valores para as mesmas variáveis.

Os maiores valores de Índice de eficiência produtiva foram observados para as rações CP e CN₂+ME₄, seguidas pelos tratamentos CN₁ e CN₁+ME₄. A redução de nutrientes e energia metabolizável em 3% prejudicou mais o resultado do IEP do grupo de animais da ração CN₂, que demonstrou o pior valor deste índice. Este baixo índice foi afetado pela maior mortalidade dos frangos alimentados com o CN₂, assim como, decorrente dos baixos ganhos de peso e de conversão alimentar, variáveis que influenciam diretamente o cálculo do índice de eficiência produtiva.

Tabela 12. Viabilidade econômica das rações de frangos de corte alimentados com ou sem restrição nutricional suplementadas ou não com mistura de enzimas de 33 a 47 dias de idade

Tratamentos	CR (R\$/kg)	CMR	RMB	MB	IR	IEP
CP	2,62	4,50	5,85	3,23	71,76	574,33
CN ₁ ¹	2,62	4,32	5,62	3,00	69,44	485,82
CN ₂ ²	2,73	4,18	5,21	2,48	59,33	424,62
CN ₁ + ME ₄ ³	2,62	4,34	5,65	3,03	69,81	510,85
CN ₂ + ME ₄	2,46	4,26	5,88	3,42	80,28	581,46
CV (%)	3,12	2,9	3,24	8,11	6,2	5,36

Médias seguidas de letras distintas, diferem significativamente pelo teste SNK a 5% de probabilidade; ¹CP: controle positivo, ²CN₁: controle negativo com restrição nutricional em 1,5%; ³CN₂: controle negativo com restrição nutricional em 3%; ³ME₄: 200g/ton de protease - 15.000 PROT/kg; 133g/ton de amilase - 80 KNU/kg; 250g/ton de fitase - 2.500 FYT/kg; 50g/ton xilanase - 100 FXU/kg. CR (R\$/kg) = Custo da ração; CMR= Custo médio da ração, RMB= Renda média bruta; MB= Margem bruta; IR= Índice de rentabilidade; IEP=Índice de eficiência produtiva.

4. CONCLUSÃO

A adição da ME₄ (200g/ton de protease ou 15.000 PROT/kg + 133 g/ton de amilase ou 80 KNU/kg + 250 g/ton de fitase ou 2.500 FYT/kg + 50 g/ton de fitase ou 100 FXU/kg) em rações com reduções de proteína, aminoácidos essenciais, energia metabolizável e fósforo disponível de 2,5% na fase de 8 a 21 dias e de 3,0% na fase de 33 a 47 dias, não deprime o desempenho, melhora a qualidade óssea e a viabilidade econômica da criação de frangos comparada as aves alimentadas com níveis nutricionais recomendados.

5. REFERÊNCIAS

- ABPA, **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Relatório anual, 2016. Produção e exportação nacional de carne de frango. p. 136, 2016.
- ADEOLA, O.; COWIESON, A. J. Boar-Invited Review: Opportunities and challenges in using exogenous enzymes to improve non ruminant animal production. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3189-3218, 2011.
- AMERAH, A. A. *et al.* Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets. **Poultry Science**. v. 0, p. 1-10, 2016.
- BACH KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**. v. 90, n. 1-2, p. 3-20, 2001.
- BACH KNUDSEN, K. E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**. 67:319–338, 1997.
- BARBOSA, N. A. A. *et al.* Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas. **Comunicata Scientiae**, v. 5 p. 361-369, 2014.
- BARBOSA, N. A. A. *et al.* Enzimas exógenas em dietas de frangos de corte: desempenho. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, p. 1497-1502, 2012.
- BAREKATAIN, M.R. *et al.* Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers’ dried grains with solubles. **Animal Feed Science and Technology**, v. 182 p. 71– 81, 2013.

- BELLAVER, C. *et al.* Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 8, p. 969-974, 1985.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: 1.ed. UFLA, 2006. 301p.
- CARVALHO, J. C. C. *et al.* Desempenho e características de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com complexos enzimáticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 292-298, 2009.
- CLASSEN, H.L. *et al.* Growing interest in feed enzymes to lead to new products. **Feedstuffs**, Minneapolis, n.4, v.63, 1991.
- COSTA, F. G. P. *et al.* Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 865-870, 2007.
- CONSUEGRO, J.P. Uso da fitase microbiana em dietas para avicultura. **Indústria Avícola**, v.46, p.27-28, 1999.
- CONTE, A. J. *et al.* Efeito da Fitase e Xilanase sobre o Desempenho e as Características Ósseas de Frangos de Corte Alimentados com Dietas Contendo Farelo de Arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 32, n. 5, p. 1147-1156, 2003.
- COWIESON, A. J.; SINGH, D.N.; ADEOLA, O. Prediction of ingredient quality and the effect of a combination of xylanase, amylase, protease and phytase in the diets of broiler chicks. 1. Growth performance and digestible nutrient intake. **British Poultry Science**, v. 47, p. 477- 489, 2006.
- DALÓLIO, F. S. *et al.* Exogenous enzymes in diets for broilers. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 2, p. 149-161, 2016.

- DE CARLI, L. *et al.* Estudo da estabilidade do complexo ácido fítico e o íon Ni. **R. Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 19-26, 2006.
- DEB, P. *et al.* Production and partial characterization of extracellular amylase enzyme from *Bacillus amyloliquefaciens* P-001. **SpringerPlus**, v.2, p. 154, 2013.
- DIONÍZIO, M. A. *et al.*, Dietas com diferentes níveis de lisina para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade-efeito sobre a excreção de nitrogênio. In: Conferencia Apinco, 2005, **Anais...**Santos, p. 105, 2005.
- ELIASSON, A. C. **Starch in food. Structure, function and applications**. New York, CRC, 2004. p. 605.
- ESMAEILPOUR, O. *et al.* Effects of xylanase and citric acid on the performance, nutrient retention, and characteristics of gastrointestinal tract of broilers fed low-phosphorus wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 90, p. 1975-1982, 2011.
- FIREMAM, F. A.T.; FIREMAM, A. K. B. A. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural Santa Maria**, v. 28, n. 1, p. 173-178, 1998.
- FUKAYAMA, E. H. *et al.* Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 4, p. 629-635, 2008.
- GITTOE, A. *et al.* Effects of a multi-enzyme on performance and carcass characteristics of broiler chickens fed corn-soybean meal basal diets with different metabolizable energy levels. **Journal of Applied Animal Research**, v. 43, n. 3, p. 295–302, 2015.

- GREINER, R. *et al.* The pathway of dephosphorylation of myo-inositol hexakisphosphate by phytate-degrading enzymes of different *Bacillus* spp. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 48, p. 986-994, 2002.
- KACZMAREK, S. A. *et al.* The effect of protease, amylase, and nonstarch polysaccharide-degrading enzyme supplementation on nutrient utilization and growth performance of broiler chickens fed corn-soybean meal-based diets. **Poultry Science**, v. 93 p. 1745–1753, 2014.
- KHATTAK, F. M. *et al.* Enzymes in poltry nutrition. **Journal of Animal Poltry Science**, v. 16, n.1/2, p. 1-2, 2006.
- KIARIE, E. *et al.* Efficacy of New 6-Phytase from *Buttiauxella* spp. on Growth Performance and Nutrient Retention in Broiler Chickens Fed Corn Soybean meal-based Diets. **Asian-Australasian Journal Animal Science**. v. 28, n. 10, p. 1479-1487, 2015.
- LEITE, P. R. S. C. **Digestibilidade dos ingredientes da ração e desempenho de frangos de corte alimentados com rações formuladas com milho ou sorgo e suplementadas com enzimas**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.
- LIMA, F. R. **Aditivos zootécnicos: enzimas**. In: PALERMO NETO, j.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L. Farmacologia aplicada à avicultura. São Paulo: ROCA, 2005. p. 239-248.
- LIU, N. *et al.* Effects of corn distillers dried grains with solubles and xylanase on growth performance and digestibility of diet components in broilers. **Animal Feed Science and Technology**. v. 162, p. 260-266, 2010.
- LYRA, O. M. G. **Suplementação de fitase em rações para galinhas poedeiras de 65 a 81 semanas de idade**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Centro Universitário Vila Velha, Vila Velha, 2011.

- MASEY-O'NEILL, H.V. *et al.* Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility, volatile fatty acid production and digestive tract thermal profiles of broilers fed on wheat- or maize-based diet. **British Poultry Science**, v. 55, n.3, p. 351-359, 2014.
- MATHLOUTHI, N *et al.* Effect of xylanase and β -glucanase supplementation of wheat- or wheat- and barley-based diets on the performance of male turkeys. **British Poultry Science** v. 44, n. 2, p. 291–298, 2003.
- MENEGHETTI, C. **Associação de enzimas em rações para frango de corte**. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- MURAKAMI, A. E. *et al.* Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milho em substituição ao milho. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 31, n. 1, p. 31-37, 2009.
- NELSON, T. S. *et al.* The availability of phytate phosphorus in soybean meal before and after treatment with a mold phytase. **Poultry Science**, v. 47, p. 1842- 1848, 1968.
- NIKAM, M. G. *et al.* Effect of dietary supplementation of non starch polysaccharide hydrolyzing enzymes on performance of broilers reared on sub-optimal diets. **Asian Journal of Science and Technology**, v. 07, p. 3223-3226, 2016.
- OLADUNJOYE, I. O.; OJEBIYI, O. O.; Performance characteristics of broiler chicken (*Gallus gallus*) fed rice (*Oriza sativa*) bran with or without roxazyme G2G. **International Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 2 (4) p. 135-140, 2010.
- OLIVEIRA, M. C. *et al.* Qualidade óssea de frangos alimentados com dietas com fitase e níveis reduzidos de fósforo disponível. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 263-268, 2008.

- OLUKOSI, O. A. *et al.* Effects of exogenous proteases without or with carbohydrases on nutrient digestibility and disappearance of non-starch polysaccharides in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 94, p. 2662–2669, 2015.
- ONYANGO, E. M. *et al.* The Yeast Production System in Which *Escherichia coli* Phytase Is Expressed May Affect Growth Performance, Bone Ash, and Nutrient Use in Broiler Chicks, **Poultry Science** v. 83, p. 421-427, 2004.
- PIRGOZLIEV, V. *et al.* Diets containing *Escherichia coli*-derived phytase on young chickens and turkeys: effects on performance, metabolizable energy, endogenous secretions, and intestinal morphology. **Poultry Science**, v. 86, n. 4, p. 705–13. 2007.
- POWELL, S. *et al.* Phytase supplementation improved growth performance and bone characteristics in broilers fed varying levels of dietary calcium. **Poultry Science**, v. 90, p. 604–608, 2011.
- PUCCI, L. E. A. *et al.* Efeito do processamento, suplementação enzimática e nível nutricional da ração para frangos de corte no período de 22 a 42 dias de idade. **Ciência Agrotécnica**, v. 34, n. 6, p. 1557-1565, 2010.
- RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. **The Journal of Applied Poltry Research**, v. 22 p. 628–636, 2013.
- ROSTAGNO, H.S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, UFV, 2011. 252 p.
- RUNHO, R. C. *et al.* Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.1, p.187-196, 2001.

- SAKOMURA, N. K. *et al.* Efeito da Idade dos Frangos de Corte sobre a Atividade Enzimática e Digestibilidade dos Nutrientes do Farelo de Soja e da Soja Integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 924-935, 2004.
- SAKOMURA, N. K. *et al.* **Nutrição de não-ruminantes**, 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2014. p.678.
- SAS Institute. (2009). SAS Web Report Studio 4. 2: User's Guide. SAS Publishing (Ed.). Sas Institute.
- SELLE, P. H; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, p. 1-41, 2007.
- SHEPPY, C. The current feed enzyme Market and likely trends. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm nutrition**. Londres: Cab International, p. 1-10, 2001.
- SINGH, P. K. Significance of phytic acid and supplemental phytase in chickennutrition: **Review world pultry Science journal**, v. 64, n. 04, p. 553-580, 2008.
- TEIXEIRA, L. V. **Misturas enzimáticas em rações para frangos de corte**. 2013. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- TESTER, R. F.; KARKALAS, I.; QI, X. Starch structure and digestibility Enzyme-Substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 2, p. 186-195, 2004.
- TORRES, D. M. *et al.* Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p.1401-1408, 2003.

- VALADARES, C. G. *et al.* Determinação da energia metabolizável do farelo residual do milho com e sem enzima em dietas para frangos de corte. **Arquivos Brasileiros de Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 3, p. 748-754, 2016.
- VERMA, D.; SATYANARAYANA, T. Cloning, expression and applicability of thermo-alkali-stable xylanase of *Geobacillus thermoleovorans* in generating xylooligosaccharides from agro-residues. **Bioresource Technology**, v. 107, p. 333-338, 2012.
- VIANA, M. T. S. *et al.* Efeito da suplementação de enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 1074-1080, 2009.
- WYATT, C.L.; BEDFORD, M. O uso de enzimas nutricionais para maximizar a utilização de nutrientes pelo frango de corte em dietas à base de milho: Recentes processos no desenvolvimento e aplicação prática. In: SEMINÁRIO TÉCNICO FINNFEEDS, 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FINNFEEDS, 1998. p.2-12.
- YEGANI, M.; KORVER, D. R. Effects of corn source and exogenous enzymes on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, p. 1208-1220, 2013.
- YU, B.; CHUNG, T. K.; Effects of Multiple-Enzyme Mixtures on Growth Performance of Broilers Fed Corn-Soybean Meal Diets. **The Journal of Applied Poltry Research**, v. 13 p. 178–182, 2004.
- ZAKARIA, H. A. H. *et al.* The Influence of Supplemental Multi-enzyme Feed Additive on the Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality Traits of Broiler Chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 9 p. 126-133, 2010.

ZHU, H. L. *et al.* The effects of enzyme supplementation on performance and digestive parameters of broilers fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, v. 93 p. 1704–1712, 2014.

ZOU, J. *et al.* Effects of exogenous enzymes and dietary energy on performance and digestive physiology of broilers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, p. 1-9, 2013.